

实 用 继 电 保 护

李宏任 编著
吴植榛 整理

机 械 工 业 出 版 社

本书作者以其在美国业界多年的经验，结合理论与实际撰写此书。本书适合电力系统及继电保护应用工程人员使用。

本书共分 21 章，内容包含三大主题，即：继电保护基础知识；变压器、发电机、电动机、母线及输电线路等设备的继电保护；并讨论继电保护上的各项重要及特殊问题。

本书中文简体字版由台湾全华图书股份有限公司独家授权机械工业出版社出版，著作权登记号图字：01-2000-3951 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用继电保护/李宏任编著. —北京：机械工业出版社，2002.2
ISBN 7-111-09724-6

I. 实… II. 李… III. 继电保护 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 096005 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：舒莹 版式设计：霍永明 责任校对：张佳

封面设计：鞠杨 责任印制：付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm $1/16$ ·28.25 印张·697 千字

0 001—4 000 册

定价：45.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

序 言

保护继电器及保护继电器系统的应用,是电力系统运用技术上重要的一环。它除需要具备保护继电器本身的知识外,还需要有电力系统运用的经验。但是无论台湾岛内或美国的大专院校,有关此类工程人员的培养工作,均不甚重视。以至数十年来各电力公司始终遭遇继电器工程人才缺乏的问题。而出版界有关保护继电器应用方面的书籍,虽有少量的英文著作,但是中文著作可以说几乎没有。结果更增加继电器应用工程人员培养及培训工作的困难。

作者曾服务台湾电力公司,从事电力系统运用工作共十五年。后转入美国西屋公司继电器制造厂(Westinghouse Relay Division,该厂后与ASEA Brown Borveri公司合并)从事继电器应用及设计的顾问工作,共二十七年。在此期间,并曾先后参与西屋及ABB公司在世界各地所主办的继电器应用工程人员培训、讲授工作。约150多班次,参与美国电机工程师学会费城分会主办的培训班多次。从ABB公司退休后仍兼各电力公司及宾州大学所主办的继电器应用工程人员培训工作,深深了解有关继电器应用教材及参考书籍的迫切需要及其重要性。于是根据多年来的工作及教学经验,在1997年协助全华图书公司编就《电气设备保护》一书,作为岛内大专院校继电器学课本教材。由于《电气设备保护》一书的主要对象为大专院校同学,内容受限于授课时数,大部分的专案及特例均未能予以讨论。今经全华科技图书公司同意,将之扩充编为本书《实用继电保护》,供电力系统设计及运行工程人员的参考。但由于继电器系统应用的技术繁杂广泛,加以近代科技的神速进步,保护继电器无论在设计及应用上,均受其影响而持续改变。它从以往的磁电机机械式设计,沿着半导体、集成电路(积体电路)及微处理机(微处理器)的发展途径而演变。再加上近代光纤通信与保护继电器结合的趋势,使保护继电器及继电器系统更趋复杂。此等改变,对任何人均属一种挑战,随科技的发展而应变,愿与读者共勉之。

本书内容合计21章,共为一册:第1章至第7章为继电器应用技术的入门准备,内容包括电力系统及保护继电器在应用上的基本常识。第8章至第14章为本课程的主干,内容包括变压器、发电机、电动机、母线、输电线路等各项电力设备的继电(器)保护。第15章至第21章,是讨论继电保护上的各项重要及特殊问题。读者在阅读本书之前,应先学习对称分量法(对称坐标法)。本书第3章中的对称分量法仅为复习性质,但温故知新对随后各章的了解应有相当的帮助。阅读本书的读者,无论是否已具有保护继电器应用上的基本常识,编者建议仍应先阅读第1、2两章,将继电器应用的概念及相量、相序、极性等等,作一彻底的了解。第8至第21章均为独立的单元,但建议仍按顺序逐章阅读更佳。本书内容涵盖理论与实用,两者并重,读者千万勿遗漏各章节细微之处。此外并在若干章中增加“特项讨论”及“范例说明”两部分,顾名思义,应可了解此两部分内容对读者的重要性。增加这两部分是编者新的构想,也是大胆的尝试。继电保护工程的理论与技术是如此的纵深广阔,再加上其与电力系统运行间错综复杂的关系,故在编撰时对题材的取舍,有时甚难决定,致编排次序上容或有杂乱的感觉。尚请读者容忍并赐教。本书所述内容系以美国技术及

标准为例，但也将欧陆或国际标准加以比较。所举例证虽以 ABB（西屋）公司产品为主，但仍在牵涉著作权及知识产权问题的范围内，将尽可能根据其他厂家产品资料，在性能及应用方面上加以比较。

本书编写时承：（1）ABB 公司美国珊瑚泉继电器厂书面允许使用该公司各继电器有关论著、图片及产品资料；（2）部分题材取自 Pulsar Technologies 公司技术资料；（3）部分范例曾利用了 Advanced System for Power Engineering 公司的 Oneliner 电脑（计算机）程式计算。在计划编写此书时，满以为积多年的经验，应是得心应手。但经动笔后才了解所欠尚多，幸赖白来朋（John L. Blackburn，已故）及 Walter A. Elmore 两位美国继电保护界大师在编写计划的检讨，及对理论的研讨，多有鼓励与支持。孙善齐博士、杨立峰博士、王连成博士等各位的技术援助，陈木全博士对部分初稿的审阅与润饰，均费神不少。没有这些支援，这书是无法完稿的，特此向各位深致谢意。最后并感谢全华科技图书公司的鼎力出版。

李宏任谨誌 于美国佛州珊瑚泉市

整理者说明

在整理本书使之便于大陆读者阅读时，整理者做了如下工作：

1. 确定本书的书名：常言道名不正则言不顺，本书原名《实用保护电驿》若直接置换为《实用保护继电器》与全书内容不符，因为书中不只是叙述继电器，更多的篇幅是讲述继电保护而且是贯穿全书的主线、宗旨，因此定名为《实用继电保护》觉得更为贴切，整理者就此请教于专家，望不吝赐正。

2. 本书是以台湾出版的、李宏任编著的《实用保护电驿》（修订版）一书为底本，本着既要方便阅读又不伤原书面貌的原则，除将原书中的繁体字简化外，对于异体字一般也按现行简化字加以改正。

3. 对于原书中出现的大量专业术语，除尽量采用大陆有标准的术语外，对其他没有一一对应的名词，就只得保留其原术语，以免张冠李戴之虞。

4. 对于原书中文言体过于晦涩的地方就改为白话文，至于原书中一些明显的印刷错误，除改正外并不加注说明。

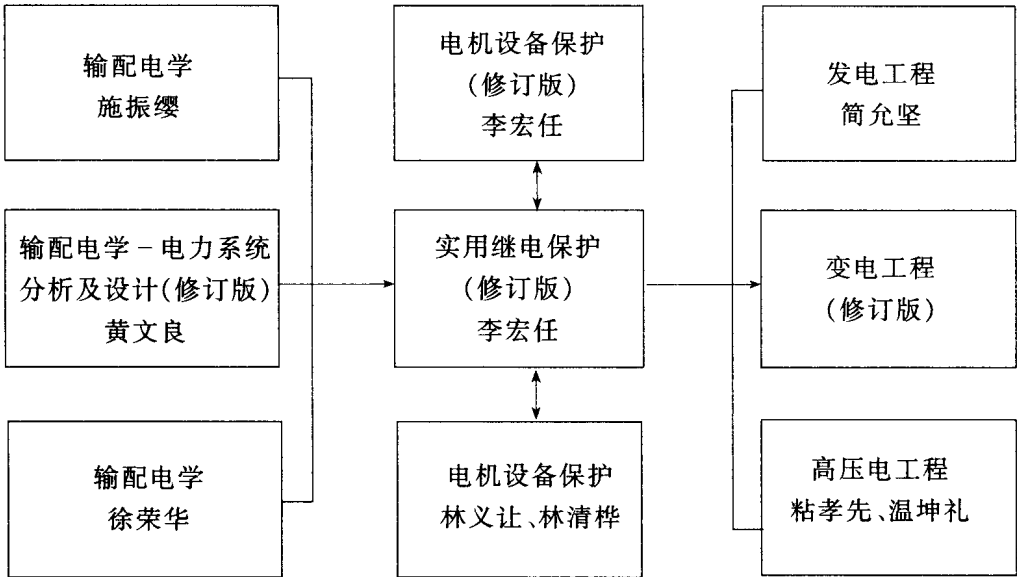
5. 鉴于原书中大量引用英文的术语，整理者特编写一份名词对照表附于书末，以便读者查阅到中文相应的含义，两岸中不同术语仍将以大陆为准。将大陆术语含义排于前，台湾术语含义列于后以便相互印证。

由于整理者经验不足，受水平所限，热切希望得到专家和广大读者批评指正。

全华电机相关图书

电机设备保护（修订版） 李宏任 编著
高电压绝缘工程 廖财昌 编译
电机设备保护 林义让、林清桦 编著
高低压电力技术实务问答集 廖财昌 编译
保护继电器的认识与测试 李德和 编著
电力系统实务 洪芳洲 编译
高压电工程 粘孝先、温坤礼 编著

流程图



编辑部序

“系统编辑”是我们的编辑方针，我们所提供给您，绝不只是一本书，而是关于这门学问的所有知识，它们由浅入深，循序渐进。

本书作者以其在美国业界多年的经验，结合理论与实际撰写此书。本书内容包含三大主题，第1章至第7章为继电保护基础知识，第8章至第14章介绍变压器、电动机、发电机、母线、输电线路等设备的继电保护，第15章至第21章讨论继电保护上的各项重要及特殊问题。本书适合电力系统及继电保护应用工程人员使用。

同时，为了使您能有系统且循序渐进研习相关方面的丛书，我们以流程图方式，列出各有关图书的阅读顺序，以减少您研习此门学问的摸索时间，并能对这门学问有完整的知识。若您在这方面有任何问题，欢迎来函联系，我们将竭诚为您服务。

目 录

整理者说明

序言

编辑部序

全华电机相关图书流程图

第 1 章 绪言及一般基本知识 1

1.1 绪言 1

1.2 保护继电器在应用上的术语 2

1.3 保护继电器的分类 3

1.3-1 按继电器作用功能的分类 3

1.3-2 按继电器输入信息的分类 4

1.3-3 按继电器动作原理或结构的分类 4

1.3-4 按继电器动作特性的分类 5

1.4 继电保护系统及其设计 5

1.4-1 继电保护系统设计应有的认识 5

1.4-2 继电保护系统设计准则 7

1.4-3 保护继电器的反应 8

1.4-4 继电器系统的保护区间 9

1.5 继电保护系统设计所需的基本资料 11

1.6 常用的保护继电器功能代号 11

1.7 欧美所用符号的比较 12

第 2 章 继电器应用上的基本工具 (1)

相量、相序及极性 13

2.1 绪言 13

2.2 相量 (phasors) 13

2.2-1 相量的定义 13

2.2-2 相量的旋转方向 (phasor rotation) 14

2.2-3 相量图与电路图的关系 14

2.2-4 相量与谐波的关系 15

2.3 相序 (phase rotation or phase sequence) 15

2.4 极性 16

2.4-1 变压器、电压互感器、电流互感器及线性互感器的极性 16

2.4-2 保护继电器的极性 17

2.5 范例说明 18

2.5-1 范例说明 (1) 系统与继电器不同

相序的应用 18

2.5-2 范例说明 (2) 系统与继电器不同相序的应用 18

2.5-3 范例说明 (3) 相量与电路的关系 18

2.5-4 范例说明 (4) 三相变压器组 ΔY 联结 19

2.5-5 范例说明 (5) 三相变压器组 ΔY 联结 20

2.5-6 范例说明 (6) 三相变压器组 ΔY 联结 21

第 3 章 继电器应用上的基本工具 (2)

对称分量法 22

3.1 浅介对称分量法 (symmetrical components) 22

3.2 使用对称分量法时应注意事项 24

3.3 相序阻抗与相序网络 25

3.3-1 相序阻抗 (sequence impedances) 25

3.3-2 相序网络 (sequence networks) 26

3.3-3 相序电压电源 (sequence voltage sources) 27

3.3-4 同步电机的相序阻抗 27

3.3-5 变压器的相序阻抗 28

3.3-6 线路的相序阻抗 30

3.4 标幺值 (per unit value) 31

3.4-1 基准值 31

3.4-2 标幺值及百分率的几项特点 32

3.5 常用公式 (参阅本章附录) 32

3.6 网络简化 (network reduction) 32

3.7 单电源系统故障电流电压计算 33

3.7-1 三相短路故障 (3-phase faults) 34

3.7-2 单相接地故障 (phase-A-to-ground faults) 34

3.7-3 两相短路故障 (2-phase faults) 35

3.7-4 两相接地故障 (2-phase-to-ground faults) 36

3.8 多电源系统故障电流电压计算 38

3.9 继电保护(继电器应用)所需故障资料	38	4.2 电压互感器	65
3.10 特项讨论	38	4.2-1 电压互感器的等效电路	65
3.10-1 特项讨论(1)对称分量法中算子 a (operator a) 的特性	38	4.2-2 电压互感器的概略计算	66
3.10-2 特项讨论(2)本章式(3.7)至式(3.12)两套公式都是以 A 相为基准	39	4.3 电容式电压互感器(耦合电容比压器)	66
3.10-3 特项讨论(3)标么值及百分率两方法的比较	39	4.3-1 CCVT 的原理	66
3.10-4 特项讨论(4)选用 100MVA 为基准的优点	40	4.3-2 电容式电压互感器在应用上的问题	67
3.10-5 特项讨论(5)线路的充电电容	40	4.4 电流互感器	68
3.10-6 特项讨论(6)基准不同 Z_{PU} 值会不同但 Z_0 值不会改变	40	4.4-1 电流互感器饱和对继电器应用的影响	69
3.11 范例说明	41	4.4-2 电流互感器的等效电路	69
3.11-1 范例说明(1)对称分量法是非题	41	4.4-3 电流互感器性能的概略计算(使用公式计算)	70
3.11-2 范例说明(2)变压器组零相序网络的概念	42	4.4-4 电流互感器性能的概略计算(使用励磁曲线计算)	70
3.11-3 范例说明(3)三绕组变压器阻抗的计算方法	44	4.4-5 电流互感器性能的概略计算(使用 ANSI 规范计算)	71
3.11-4 范例说明(4)单电源系统 A 相接地故障的计算	44	4.5 特项讨论	72
3.11-5 范例说明(5)单相接地故障电阻的影响	45	4.5-1 特项讨论(1)再论 CCVT 在继电器应用上的问题	72
3.11-6 范例说明(6)单电源系统故障电流电压计算	46	4.5-2 特项讨论(2)讨论本章第(4.7)式	73
3.11-7 范例说明(7)多电源系统电流分布系数	47	4.5-3 特项讨论(3)ANSI 电流互感器 C57.13 新旧规范在应用上的比较	74
3.11-8 范例说明(8)多电源系统故障电流电压计算	49	4.5-4 特项讨论(4)使用电流互感器常见的问题	74
3.11-9 范例说明(9)零相序电流分布系数的影响	53	4.5-5 特项讨论(5)电流互感器的饱和问题	75
3.11-10 范例说明(10)零相序网络的建立及各支路电流计算	53	4.5-6 特项讨论(6)电流互感器饱和问题的对策	80
3.11-11 范例说明(11)零相序网络的建立	61	4.5-7 特项讨论(7)磁光效应电压互感器及光电效应电压互感器	82
第 3 章附录 A 常用公式	61	4.5-8 特项讨论(8)国际电工委员会 IEC 电流互感器国际标准	82
第 3 章附录 B 故障电流电压相角关系	63	4.5-9 特项讨论(9)如何考虑电流互感器二次侧负载	83
第 4 章 保护继电器用电压互感器与电流互感器	65	4.5-10 特项讨论(10)电流互感器国际规范的比较	84
4.1 绪言	65	4.6 范例说明	85
		4.6-1 范例说明(1)相间保护继电器对电流互感器特性的影响	86
		4.6-2 范例说明(2)相间及接地保护继电	

器对电流互感器特性的影响	86	5.7-2 特项讨论 (2) 选相元件的设计	113
4.6-3 范例说明 (3) 5A 与 1A 电流互感器的应用	87	5.7-3 特项讨论 (3) 再论数据采样率 (Sampling rate 采样率)	114
4.6-4 范例说明 (4) 电压互感器负载容量计算	87	5.7-4 特项讨论 (4) 再论基波值的计算	115
4.6-5 范例说明 (5) 电流互感器直流饱和和计算	89	5.7-5 特项讨论 (5) 单片与多片微处理机在继电器设计上的比较	115
第 4 章 附录	90	5.7-6 特项讨论 (6) 数字型与晶体管式及磁电式继电器的比较	116
第 5 章 保护继电器的基本组件	92	5.7-7 特项讨论 (7) 微处理机数字型与微处理机数位型继电器比较	117
5.1 绪言	92	5.7-8 特项讨论 (8) 数字型微处理机测距继电器速度瓶颈的突破	117
5.2 保护继电器的基本组件 (机电组件)	92	5.7-9 高速继电器输出元件的比较	117
5.2-1 磁电吸引式组件 (magnetic attraction unit)	92	5.8 范例说明	118
5.2-2 磁电感应式组件	94	5.8-1 范例说明 (1) 模拟式反混叠滤波器	118
5.2-3 直流电流组件	96	第 6 章 保护系统及其继电器	120
5.3 继电器的基本组件 (相序网络)	98	6.1 绪言	120
5.3-1 零序电流相序网络	98	6.2 过电流保护及其有关继电器	120
5.3-2 零序电压相序网络	98	6.2-1 过电流延时继电器的特性曲线	121
5.3-3 复合相序电流网络	99	6.2-2 相间故障延时过电流继电器的设定与协调 (匹配)	125
5.3-4 非磁性元件的复合相序电流网络	100	6.2-3 接地故障延时过电流继电器的设定与协调 (匹配)	125
5.3-5 相序电压网络	101	6.2-4 瞬时过电流保护及其有关继电器	126
5.4 保护继电器的基本组件 (数字型微处理机继电器构架)	102	6.3 方向性过电流保护及其有关继电器	126
5.5 数字型微处理机继电器的数据处理	102	6.3-1 方向性过电流继电器的应用	126
5.5-1 系统电流电压模拟量输入回路 (analog input circuit)	102	6.3-2 方向性过电流继电器的设定	127
5.5-2 数据处理 (data handling)	103	6.4 测距保护及有关继电器	127
5.5-3 数据资料的混叠现象及其对策 (aliasing)	105	6.4-1 测距保护继电器简介	127
5.6 数字型微处理机继电器的计算程序	109	6.4-2 KD 型系列测距继电器三相故障测距原理	129
5.6-1 方均根值的计算	109	6.4-3 KD 型系列测距继电器两相故障测距原理	130
5.6-2 基波值的计算与谐波的处理 (1)	110	6.4-4 测距继电器的设定	132
5.6-3 基波值的计算与谐波的处理 (2)	111	6.4-5 单相接地测距继电器	133
5.6-4 直流偏位的补偿 (DC offset compensation)	112	6.5 差动保护及有关继电器	134
5.6-5 相序电流电压的计算	112	6.6 跳脱回路及辅助继电器	135
5.6-6 相量的相位比较 (angle comparison of phasors)	112	6.7 特项讨论	136
5.6-7 故障监测 (fault detection)	113	6.7-1 特项讨论 (1) 过电流继电器方向性元件接点正常闭合的情况	136
5.7 特项讨论	113		
5.7-1 特项讨论 (1) 正负相序电流 (或电压) 网络接线的校核	113		

6.7-2 特项讨论 (2) 再论 CO 型过电流继电器的特性曲线	136	7.9-4 范例说明 (4) 高电阻接地方式设备的计算 (2)	151
6.7-3 特项讨论 (3) 高阻抗 AR 型辅助继电器的应用	137	第 8 章 发电机保护	153
6.8 范例说明	137	8.1 绪言	153
6.8-1 范例说明 (1) CO-9 与 DPU2000R 继电器的协调 (匹配)	137	8.2 发电机与系统的连接方式	153
6.8-2 范例说明 (2) CO-9 与 CO-6 继电器的协调 (匹配)	137	8.3 发电机绕组相间短路故障的保护	154
6.8-3 范例说明 (3) 差动系统中电流互感器的极性符号	138	8.3-1 中小型发电机机组的差动保护	154
6.8-4 范例说明 (4) 跳脱回路的设计	139	8.3-2 大中型发电机的差动保护	154
第 7 章 电力系统接地及其保护方式	140	8.3-3 Δ 绕组发电机的差动保护	156
7.1 绪言	140	8.3-4 分相式绕组发电机的差动保护	156
7.2 不接地系统	140	8.3-5 几种常用的发电机差动继电器	156
7.2-1 不接地系统的故障电压	140	8.4 发电机绕组接地故障的保护	158
7.2-2 不接地系统的瞬间过电压	141	8.4-1 高阻抗接地保护方式 (95% 绕组保护方式)	158
7.2-3 不接地系统接地故障的监测	143	8.4-2 高阻抗接地保护方式 (100% 绕组保护方式之一)	160
7.3 高电抗接地系统 (high reactance grounding)	144	8.4-3 高阻抗接地保护方式 (100% 绕组保护方式之二)	161
7.4 谐振接地系统 (resonant grounding)	145	8.5 发电机组的后备保护 (后卫保护)	161
7.5 低阻抗接地系统 (low impedance grounding)	145	8.5-1 不对称故障的后备保护	161
7.5-1 低电抗接地系统 (low reactance grounding)	145	8.5-2 对称故障的后备保护 (1)	162
7.5-2 低电阻接地系统 (low resistance grounding)	146	8.5-3 对称故障的后备保护 (2)	163
7.6 高电阻接地系统 (high resistance grounding)	146	8.6 电机的失磁及其保护	164
7.7 直接接地系统 (solid grounding)	147	8.6-1 发电机失磁状况的发生	164
7.8 特项讨论	148	8.6-2 发电机的容量曲线与其阻抗的关系	165
7.8-1 特项讨论 (1) 讨论图 7.2 (b) 的相量值	148	8.6-3 发电机的失磁保护	166
7.8-2 特项讨论 (2) 中性点电压为 V_0 而非 $3V_0$	148	8.7 发电机励磁系统接地保护	167
7.9 范例说明	148	8.7-1 有碳刷的机组	167
7.9-1 范例说明 (1) 曲折接地变压器故障电流分布	148	8.7-2 无碳刷的机组	168
7.9-2 范例说明 (2) 低电阻接地方式计算	148	8.8 发电机组较常见的异常运转及其对策	168
7.9-3 范例说明 (3) 高电阻接地方式设备的计算 (1)	150	8.8-1 发电机的过电压保护	168
		8.8-2 发电机的过负载保护	169
		8.8-3 发电机电动机运转的保护	169
		8.8-4 发电机的超速保护	169
		8.8-5 发电机低频运转的保护	170
		8.8-6 发电机的失步运转	171
		8.9 特项讨论	171
		8.9-1 特项讨论 (1) 评论某些错误的观念或叙述	171
		8.9-2 特项讨论 (2) 发电机次同步共振及其保护	173

8.9-3 特项讨论 (3) 发电机不平衡电流 运转补充说明	175	继电器	196
8.9-4 特项讨论 (4) 不经意操作引起的 发电机灾害	176	9.5-2 使用具有谐波抑制设计的差动 继电器	198
8.10 范例说明	177	9.5-3 使用电压监控方式	203
8.10-1 范例说明 (1) 发电机差动保护 计算 (1)	177	9.6 变压器差动继电器保护系统的一般 准则	203
8.10-2 范例说明 (2) 发电机差动保护 计算 (2)	178	9.6-1 继电器型式的选择	204
8.10-3 范例说明 (3) 工业电厂中小型机 组典型的保护方式	179	9.6-2 电流互感器分接头值的选择	204
8.10-4 范例说明 (4) 工业电厂大型机组 典型的保护方式	179	9.6-3 电流互感器的接线法	204
8.10-5 范例说明 (5) 单元制机组典型的 保护方式	180	9.6-4 差动继电器系统接线的核对	205
8.10-6 范例说明 (6) 励磁系统故障 计算	180	9.6-5 继电器所用分接头的比值	205
8.10-7 范例说明 (7) 发电机不对称故障后 备保护继电器计算	181	9.6-6 电流互感器二次回路的接地点	205
8.10-8 范例说明 (8) 发电机失磁保护继电 器设定计算 (1)	181	9.6-7 电流变比值与继电器分接头的 配合	205
8.10-9 范例说明 (9) 发电机失磁保护继电 器设定计算 (2)	182	9.6-8 电流匹配偏差率	205
8.10-10 范例说明 (10) Class 1E (1E 级) 核电厂继电器标准	183	9.6-9 电流互感器特性的校核	206
第 8 章附录 发电机次同步共振的问题	183	9.6-10 使用辅助电流互感器的接线 原则	206
第 9 章 变压器保护	188	9.7 变压器差动保护校核范例	207
9.1 绪言	188	9.7-1 相位校核	207
9.2 变压器的过电流保护	188	9.7-2 电流互感器电流比及继电器分接头 的选择	209
9.2-1 传统式的变压器过电流保护及其 问题	188	9.7-3 电流互感器特性校核	212
9.2-2 修订后的变压器过电流保护设定准则 C57.109-1985 (标 置 准 则 C57.109- 1985)	188	9.8 Δ 侧有零相电流电源的差动保护	212
9.3 变压器的差动保护	193	9.9 单元制发电机变压器组的差动保护	213
9.4 励磁涌流现象	194	9.10 工业地区变压器的保护	214
9.4-1 励磁起始涌流 (initial inrush)	194	9.10-1 容量较小及中性点直接接地的 变压器	214
9.4-2 电压恢复涌流 (recovery inrush)	195	9.10-2 如变压器二次侧接有地区电源	215
9.4-3 共振励磁涌流 (sympathetic inrush)	195	9.11-3 如变压器二次侧电阻接地	215
9.5 常用的变压器差动继电器	196	9.10-4 如变压器二次侧接地及有地区 电源时	215
9.5-1 使用对励磁涌流灵敏度较低的差动		9.11 突发压力保护 (突压保护)	216
		9.12 特项讨论	217
		9.12-1 特项讨论 (1) 差动继电器抑制回 路的数量 (1)	217
		9.12-2 特项讨论 (2) 差动继电器抑制回 路的数量 (2)	217
		9.12-3 特项讨论 (3) 再论 HU-4 型继电 器的安全度	217
		9.12-4 特项讨论 (4) 继电器高次谐波校 验方法的说明	218
		9.12-5 特项讨论 (5) RADSB 型继电器使	

用 5 次谐波抑制方式	220	10.6-3 属于高电压问题的条件	244
9.12-6 特项讨论 (6) 使用 7.5% 二次谐波的 HU 差动继电器	220	10.7 双排母线单断路器附连断路器母线保护	244
9.12-7 特项讨论 (7) 突发压力式继电器的应用	222	10.8 母线差动区内接有变压器的保护	245
9.13 范例说明	223	10.9 特项讨论	246
9.13-1 范例说明 (1) 共感励磁涌流的可能	223	10.9-1 特项讨论 (1) 避雷器在母线差动保护范围内	246
9.13-2 范例说明 (2) 变压器差动保护接线的相位 (1)	224	10.9-2 特项讨论 (2) 使用混合变比值的 高阻抗差动保护	246
9.13-3 范例说明 (3) 变压器差动保护接线的相位 (2)	224	10.10 范例说明	247
9.13-4 范例说明 (4) 变压器的差动接线	224	10.10-1 范例说明 (1) LC-1 继电器实例 计算	247
9.13-5 范例说明 (5) TPU 差动继电器分接头使用值计算	225	10.10-2 范例说明 (2) 高阻抗继电器实例 计算	247
9.13-6 范例说明 (6) TPU 型差动继电器与其他继电器在应用上的比较	226	第 11 章 一般线路保护	250
9.13-7 范例说明 (7) HU 继电器分接头与持续电流的关系	226	11.1 绪言	250
9.13-8 范例说明 (8) Δ -Y 变压器故障电流分布	226	11.1-1 线路保护的技术	250
第 9 章附录 A 变压器励磁电流计算	227	11.2 非方向性过电流保护	251
第 9 章附录 B 相角调整器的保护 (Protection of Phase Angle Regulators)	228	11.2-1 延时性过电流继电器的应用	251
第 10 章 母线保护	235	11.2-2 瞬时过电流继电器的应用	254
10.1 绪言	235	11.2-3 CO-11 与电力熔断器	256
10.2 母线保护的设计	235	11.3 方向性过电流保护	257
10.2-1 母线保护设计的要点	235	11.3-1 相间短路过电流继电器的方向性 元件	258
10.2-2 母线保护设计所需资料	238	11.3-2 接地故障过电流继电器的方向性 元件	258
10.3 使用线性耦合器的母线差动保护	238	11.3-3 方向性负相序接地过电流继电器的 应用	259
10.3-1 母线外部故障	238	11.4 过电流继电器的选择	260
10.3-2 母线内部故障	238	11.4-1 各型过电流继电器功能	261
10.3-3 使用线性耦合器母线差动保护的 优缺点	239	11.4-2 各型过电流继电器的选择	261
10.4 使用多抑制元件可变比率差动保护	240	11.5 测距继电器的应用	261
10.5 使用普通过电流继电器的母线差动 保护	240	11.5-1 测距继电器的设定	261
10.5-1 改良式过电流继电器母线差动 保护	241	11.5-2 支线电源故障电流的考虑	262
10.6 高阻抗继电器母线差动保护	242	11.5-3 电流互感器、电压互感器位置的 影响	262
10.6-1 高阻抗母线差动继电器的应用	242	11.5-4 电容式电压互感器与测距 继电器	263
10.6-2 属于继电器设定范围的条件	243	11.5-5 KD 系列继电器在应用上的特殊 问题	264
		11.6 固态型测距继电器 (solid state distance relays)	267
		11.6-1 晶体式固态型测距继电器	267

11.6-2 集成电路式固态型测距继电器	269	11.10-6 范例说明(6)方向性过电流继电器特性的分析	286
11.6-3 数字式微处理机测距继电器	269	11.10-7 范例说明(7)方向性过电流继电器特性	286
11.7 单相接地测距继电器	271	11.10-8 范例说明(8)测距继电器设定计算	287
11.7-1 单相接地继电器与多相短路继电器的比较(包括过电流及测距)	271	11.10-9 范例说明(9)测距继电器与过电流继电器的协调(1)	287
11.7-2 测量值的选择(参考图 11.31)	271	11.10-10 范例说明(10)测距继电器与过电流继电器的协调(2)	288
11.7-3 KDXG 型电抗式接地继电器	272	11.10-11 范例说明(11)测距继电器与过电流继电器的混合使用(1)	288
11.7-4 SDG 型接地测距继电器	272	11.10-12 范例说明(12)测距继电器与过电流继电器的混合使用(2)	288
11.8 单相跳脱保护系统	274	11.10-13 范例说明(13)几种独特的功能	288
11.8-1 单相跳脱对系统稳定度的改善	275	第 12 章 载波继电保护系统	292
11.8-2 单相跳脱保护系统须考虑的功能	277	12.1 绪言	292
11.8-3 单相跳脱保护系统设计时应考虑的项目	277	12.2 载波继电保护系统的分类	293
11.8-4 单相接地故障时故障相的判定	277	12.2-1 按载波信道性质的分类	293
11.8-5 相间继电器对单相接地故障的响应及对策	279	12.2-2 按故障检测及判断原理的分类	293
11.8-6 非全相运转时线路感应电压的处理	279	12.2-3 按继电器设定方式的分类	293
11.8-7 非全相运转时对健全相故障的处理	280	12.2-4 按信道种类及系统逻辑的分类	293
11.8-8 非全相运转时对重合系统失灵的处理	280	12.3 方向比较闭锁式载波继电保护系统	293
11.8-9 需要特殊性的断路器失灵继电器(请参阅第 15.8-3 节)	280	12.4 方向比较超范围允许式载波继电保护系统	295
11.9 特项讨论	280	12.5 方向比较解锁式载波继电保护系统	296
11.9-1 特项讨论(1)延时过电流继电器设定与协调范例补充说明	280	12.6 方向比较欠范围允许式载波继电保护系统	298
11.9-2 特项讨论(2)故障电流衰减与发电机阻抗的关系	281	12.7 直接载波传信跳脱方式	298
11.9-3 特项讨论(3)冷载试送涌流(cold load pick-up)	281	12.8 方向比较超范围式载波继电保护系统要点	298
11.10 范例说明	281	12.8-1 载波跳脱逻辑(pilot trip logic)	298
11.10-1 范例说明(1)相间短路方向性过电流继电器的应用(1)	281	12.8-2 载波发信机的控制逻辑(pilot keying logic)	299
11.10-2 范例说明(2)相间短路方向性过电流继电器的应用(2)	282	12.8-3 内部故障优先跳脱逻辑(internal fault trip preference logic)	301
11.10-3 范例说明(3)接地故障方向性过电流继电器的应用	282	12.8-4 延续载波信号逻辑(signal continuation)	302
11.10-4 范例说明(4)过电流继电器协调计算(1)	283	12.8-5 故障电流反向及瞬时闭锁(power reversal & TBM)	302
11.10-5 范例说明(5)过电流继电器协调计算(2)	285	12.8-6 弱电源端子的保护	303

12.8-7 三端子线路的保护	304	继电器	318
12.9 相位比较式载波继电器系统	305	13.7-4 特项讨论 (4) FCB 型光纤副线介 面继电器	319
12.10 特项讨论	305	13.7-5 特项讨论 (5) 光缆继电器与资讯 传递系统 (FOCUS) 在继电器系 统的应用	319
12.10-1 特项讨论 (1) 超范围的定义 ..	305	13.7-6 其他光纤继电器系统	321
12.10-2 特项讨论 (2) 闭锁式及允许式载 波继电保护系统的比较	306	13.8 范例说明	321
12.10-3 特项讨论 (3) 载波测距方式 的比较	306	13.8-1 范例说明 (1) HCB 灵敏度的 计算	321
12.10-4 特项讨论 (4) 闭锁式载波系统的协 调时限问题 (coordination)	307	13.8-2 范例说明 (2) HCB-1 灵敏度的 计算	322
12.11 范例说明	308	第 14 章 超高压及长线路保护	324
12.11-1 范例说明 (1) 特殊系统情况的 考虑 (1)	308	14.1 绪言	324
12.11-2 范例说明 (2) 特殊系统情况的 考虑 (2)	308	14.2 特超高压线路继电器应用问题	324
12.11-3 范例说明 (3) 特殊系统情况的 考虑 (3)	309	14.2-1 线路分布电容的影响	324
12.11-4 范例说明 (4) 特殊系统情况的 考虑 (4)	310	14.2-2 线路并联电抗器的应用	324
12.11-5 范例说明 (5) 闭锁式载波继电 器系统的组件	311	14.2-3 超高压线路不换位的问题	325
第 13 章 短线路保护一副线继电器系统	312	14.2-4 负载电流的影响	325
13.1 绪言	312	14.2-5 载波机组的容量	325
13.2 传统式的金属副线继电器系统	312	14.2-6 操作时的瞬态	325
13.3 金属副线式继电器系统的基本原理 ..	313	14.3 串联补偿线路	326
13.4 金属副线式继电器在应用上的问题 ..	314	14.3-1 串联补偿线路故障电流的反极 现象	326
13.4-1 金属副线的串联电阻问题	314	14.3-2 串联补偿线路故障电压的反极 现象	326
13.4-2 金属副线的并联电容问题	314	14.3-3 操作串联电容器引起的谐波	326
13.4-3 金属副线电缆纵向感应电压 的问题	314	14.3-4 串联电容器引起发电机组次同步 共振的问题	328
13.4-4 电站接地网电位升高的问题	314	14.4 串联补偿线路测距继电器的应用	329
13.4-5 其他问题	315	14.4-1 串联补偿线路测距继电器的 设定	329
13.5 近代化的光纤副线继电器系统	315	14.4-2 母线电压互感器、线路电压互感 器的选择	329
13.5-1 改善方案 (1)	315	14.5 超高压长线路的保护系统	329
13.5-2 改善方案 (2)	315	14.5-1 超高压非补偿线路的保护系统 ..	330
13.5-3 改善方案 (3)	316	14.5-2 超高压串联补偿线路的保护 系统	330
13.6 金属副线的保护	316	14.6 相位比较式载波继电器系统	330
13.7 特项讨论	317	14.6-1 单比相位载波继电器系统	330
13.7-1 特项讨论 (1) 短线路的定义	317	14.6-2 双比相位载波继电器系统	331
13.7-2 特项讨论 (2) HCB 与 HCB-1 型 金属副线继电器	317	14.7 MSPC 分相电流比较载波继电器 系统	332
13.7-3 特项讨论 (3) LCB- II 型光纤副线			

14.7-1	MSPC 继电器的电流元件	333	17.1	绪言	361
14.7-2	MSPC 继电器的偏位发信法	335	17.2	静态稳定 (steady-state stability)	361
14.7-3	MSPC 的跳脱逻辑	336	17.3	瞬态稳定 (transient stability)	362
14.7-4	MSPC 继电器对故障的反应	336	17.4	系统振荡期间继电器所感受的 电气量	363
14.8	进行波方向性继电器	338	17.4-1	系统各点的电压值	363
14.9	电荷比较继电器系统 (本节内容取 材自 RFL 公司论文)	338	17.4-2	系统各点的电流值	363
14.10	分相操作单相跳脱及选相跳脱	339	17.4-3	系统的振荡阻抗	364
第 15 章	后卫与断路器失灵保护	342	17.5	振荡阻抗与测距继电器的关系	364
15.1	绪言	342	17.6	监测系统振荡的方法	365
15.2	远邻后卫保护与本区后卫保护	342	17.6-1	同心圆的方法	365
15.3	本区后卫保护与断路器失灵保护	343	17.6-2	遮蔽绕组的方法	365
15.4	断路器失灵保护	344	17.6-3	发电机失磁保护兼作失步监测的 可能性	365
15.5	断路器失灵保护的应用	345	17.7	失步保护设计的原则	366
15.6	传统式的断路器失灵保护方式	346	17.8	几种常用的失步保护系统	367
15.6-1	安全裕度	347	17.8-1	KS-3 失步继电器闭锁系统	367
15.6-2	故障监测元件特性的影响	347	17.8-2	KST 失步继电器跳脱系统	367
15.7	改良式断路器失灵保护方式	347	17.8-3	单遮蔽绕组失步继电器系统	368
15.8	特项讨论	348	17.8-4	双遮蔽绕组失步继电器系统	369
15.8-1	特项讨论(1)断路器不对称开闭问 题(breaker pole-disagreement)	348	17.8-5	棱镜绕组失步继电器跳脱系统	370
15.8-2	特项讨论(2)特高灵敏度断路器 失灵继电器的应用	349	17.9	特项讨论	370
15.8-3	特项讨论(3)单相跳脱系统断路 器失灵的考虑	349	17.9-1	特项讨论(1)快速气阀操作系统对 瞬态稳定度的改善(取材自西屋公 司发电机保护研习班资料)	370
15.9	范例说明	350	17.9-2	特项讨论(2)再论失步跳脱	371
15.9-1	范例说明(1)断路器失灵范例 分析(1)	350	17.10	范例说明	372
15.9-2	范例说明(2)断路器失灵范例 分析(2)	350	17.10-1	范例说明(1)实例计算瞬态稳 定极限	372
15.9-3	范例说明(3)一相断线未接地 事故	351	17.10-2	范例说明(2)瞬态稳定极限 计算	372
第 16 章	载波与信道	352	17.10-3	范例说明(3)计算系统振荡时 过电流继电器的反应	373
16.1	绪言	352	17.10-4	范例说明(4)实例计算系统振 荡时测距继电器的反应	373
16.2	载波信道	352	17.10-5	范例说明(5)计算失步继电器 的标置值	374
16.2-1	电力线载波信道	352	第 18 章	自动重合与同步	375
16.2-2	音频信道	353	18.1	绪言	375
16.2-3	微波信道	354	18.2	选用自动重合系统需要考虑的问题	375
16.2-4	金属副线信道	354	18.2-1	自动重合次数的选择	375
16.2-5	光纤信道	354	18.2-2	选择性自动重合	375
第 16 章附录	光纤信道的特性及其应用	354	18.2-3	去游离时间	375
第 17 章	系统稳定及失步保护	361			

18.2-4 同步检验	376	19.8-3 范例说明 (3) 电动机电源二次侧 熔断器烧断的情况	395
18.2-5 线路与母线有电压无电压的 检验	376	19.8-4 范例说明 (4) 图解法计算范例 (3) 的故障电流	396
18.2-6 瞬时跳脱控制	376	19.8-5 范例说明 (5) 电源中点接地的 考虑	397
18.2-7 中间闭锁	377	19.8-6 范例说明 (6) CM 与 COQ 型继电器 在应用上的比较	397
18.2-8 暂停控制 (inhibit control)	377	19.8-7 范例说明 (7) 计算电动机的等效 电路常数	397
18.2-9 重合控制回路及其他	377	第 20 章 瞬态电涌	399
18.3 使用快速重合系统需要考虑的问题 ..	378	20.1 绪言	399
18.4 同步检验继电器	378	20.2 静电感应电压	399
18.5 自动重合继电器	379	20.3 电磁感应电压	400
18.5-1 机电式重合一次继电器	379	20.4 瞬态电压的分类	400
18.5-2 晶体式重合一次继电器	380	20.5 起源于高压系统的瞬态现象	401
18.5-3 重合多次继电器	381	20.6 起源于低压系统的瞬态现象	401
18.6 特项讨论	381	20.7 抑制瞬态电压的对策	402
18.6-1 特项讨论 (1) 评论某些错误的观 念或叙述	381	第 21 章 继电器应用技术的演进及 走向	404
18.6-2 特项讨论 (2) 非传统式同步检定 方法	382	21.1 绪言	404
18.6-3 特项讨论 (3) 自动重合应用实例 要点	383	21.2 继电器设计技术的演进及其影响	404
18.6-4 特项讨论 (4) 关于自由跳脱 (trip free) 控制回路的说明	384	21.2-1 设计系统化及多功能化	405
18.7 范例说明	384	21.2-2 应用上的亲和度及维护周期	405
18.7-1 范例说明 (1) 重合所需最短的电 弧去游离时间	384	21.2-3 未来继电器的顺应性	405
18.7-2 范例说明 (2) 自动重合规范 实例	385	21.3 电力系统资讯通道及其设计的新 观念	406
第 19 章 电动机保护	388	21.3-1 电力系统资讯通道的需求	406
19.1 绪言	388	21.3-2 光缆继电器与资讯传递系统 (FOCUS)	407
19.2 感应电动机的过热容量曲线	388	21.3-3 FOCUS 在电力系统的应用	408
19.3 感应电动机的过负载保护	388	21.3-4 FOCUS 系统的应用实例	409
19.4 感应电动机的锁轴保护	390	21.4 个人电脑与继电器检测	410
19.5 感应电动机相间短路故障的保护	391	21.4-1 模拟型动模	410
19.6 感应电动机接地故障的保护	391	21.4-2 电磁瞬态程序动模	411
19.7 感应电动机低电压、非全相及逆相运 转的保护	392	21.4-3 PC 用 EMTP 软件	411
19.8 范例说明	394	21.5 个人电脑与继电器应用	412
19.8-1 范例说明 (1) 电动机电源一次侧 熔断器烧断的情况	394	第 21 章附录 西屋公司及 ABB 公司继电器百年 来重要演进里程	414
19.8-2 范例说明 (2) 图解法计算范例 (1) 的故障电流	395	名词对照表	416